

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-167230

(43)Date of publication of application : 24.06.1997

(51)Int.Cl.

G06T 7/00

(21)Application number : 07-328690

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 18.12.1995

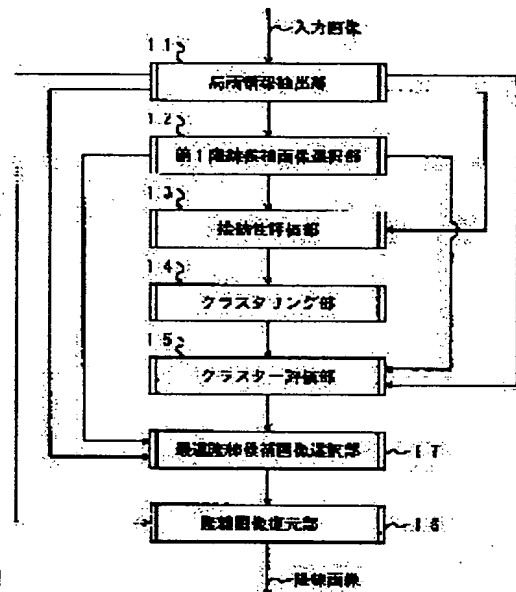
(72)Inventor : FUNADA JUNICHI

(54) FINGERPRINT AND PALMPRINT IMAGE PROCESSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To correctly extract a crest image out of a skin pattern image despite of the presence of lines having the similar properties as the crests.

SOLUTION: A local information extraction part 11 extracts plural crest candidate images in every one of local areas divided from an input image. A 1st crest candidate image selection part 12 selects the 1st crest candidate image, i.e., a crest candidate image having a high likelihood degree if a in every local area. A continuity evaluation part 13 evaluates the inter-local area continuity of the 1st crest candidate image and integrates together the local areas whose high continuity are evaluated to each other at a clustering part 14 to generate the local area groups. A cluster evaluation part 15 decides an initial local area group, i.e., the local area group of a high likelihood degree of a crest. An optimum swollen line candidate image selection part 17 selects a crest candidate image having high continuity to its periphery out of every swollen line candidate image of the local area not belong to the initial local area group. Then, a crest image restoration part 16 outputs the 1st crest candidate image for the local area belonging to the initial local area and outputs the optimum swollen line candidate images as the extraction results for the local areas not belonging to the initial local area group.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.12.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2739856

[Date of registration] 23.01.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-167230

(43)公開日 平成9年(1997)6月24日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 6 0

審査請求 有 請求項の数8 OL (全17頁)

(21)出願番号

特願平7-328690

(22)出願日

平成7年(1995)12月18日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 船田 純一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

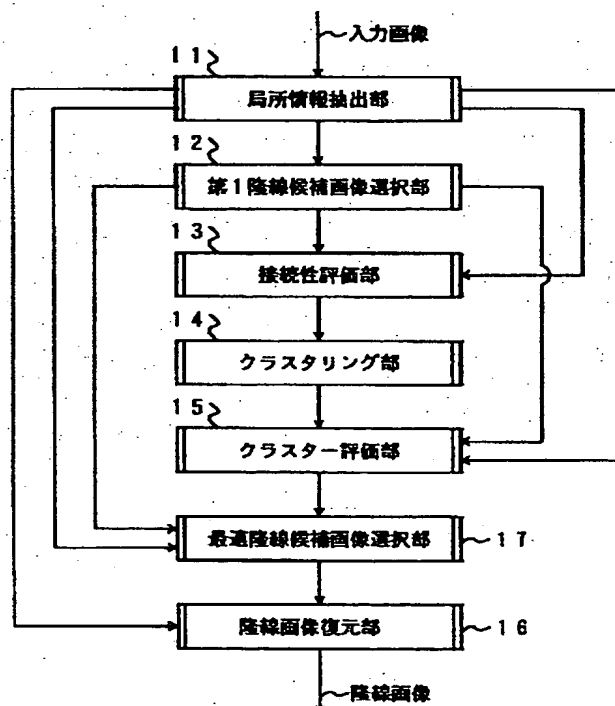
(74)代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54)【発明の名称】 指掌紋画像処理装置

(57)【要約】

【課題】 隆線に類似した性質を持つ皺が存在する場合でも皮膚紋様画像から正しく隆線画像を抽出する。

【解決手段】 局所情報抽出部11で、入力画像を分割した局所領域毎に隆線候補画像を複数抽出する。第1隆線候補画像選択部12では隆線らしさの度合いが高い隆線候補画像である第1隆線候補画像を局所領域毎に選択する。接続性評価部13で第1隆線候補画像の各局所領域間の接続性を評価し互いに接続性が良いと評価された局所領域をクラスタリング部14で統合し局所領域群を生成する。クラスター評価部15で隆線らしさの度合いが高い局所領域群である初期局所領域群を決定し、最適隆線候補画像選択部17で初期局所領域群に属さない局所領域の各隆線候補画像の中で周囲との接続性が良い隆線候補画像を選択する。隆線画像復元部16で初期局所領域群に属する局所領域について第1隆線候補画像を出力し、そうでない局所領域については最適隆線候補画像を出力し隆線抽出結果とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力された指掌紋画像から隆線を抽出する指掌紋画像処理装置において、

前記指掌紋画像を2次元局所領域に分割して、前記2次元局所領域の各々に存在する隆線を表現する隆線候補画像を前記2次元局所領域毎に複数個抽出する局所情報抽出手段と、

前記2次元局所領域の各々における複数個の隆線候補画像についてそれぞれ隆線らしさの度合を評価して、前記2次元局所領域の各々における隆線候補画像の中で隆線らしさの度合が最も高い隆線候補画像を表す第1隆線候補画像を前記2次元局所領域毎に一つずつ選択する第1隆線候補画像選択手段と、

互いに隣接する前記2次元局所領域間において、前記第1隆線候補画像の接続性を評価する接続性評価手段と、前記接続性評価手段で前記第1隆線候補画像の接続性が互いに良いと評価された前記2次元局所領域同士を統合して局所領域群を生成するクラスタリング手段と、

前記クラスタリング手段で生成した前記局所領域群の各々に属する前記2次元局所領域における前記第1隆線候補画像の隆線らしさの度合を評価して、隆線らしさの度合が高いと評価された局所領域群を初期局所領域群として決定するクラスター評価手段と、

前記初期局所領域群に属する局所領域について前記第1隆線候補画像を隆線画像として出力する隆線画像復元手段とを有することを特徴とする指掌紋画像処理装置。

【請求項2】 請求項1に記載された指掌紋画像処理装置において、

さらに、前記初期局所領域群に属する2次元局所領域の前記第1隆線候補画像と前記初期局所領域群に属さない2次元局所領域の複数の隆線候補画像との接続性を評価して、前記初期局所領域群に属さない2次元局所領域の各隆線候補画像の中で最も接続性が良い隆線候補画像を前記初期局所領域群に属さない2次元局所領域毎に最適隆線候補画像として一つずつ選択し、前記初期局所領域群に属する2次元局所領域については各2次元局所領域の前記第1隆線候補画像を最適隆線候補画像として選択する最適隆線候補画像選択手段を有し、

前記隆線画像復元手段は、前記最適隆線候補画像を隆線画像として出力するようにしたことを特徴とする指掌紋画像処理装置。

【請求項3】 請求項2に記載された指掌紋画像処理装置において、

前記最適隆線候補画像を第1隆線候補画像として前記接続性評価手段及び前記クラスター評価手段に与え、前記接続性評価手段、前記クラスタリング手段、前記クラスター評価手段、及び前記最適隆線候補画像選択手段による処理を繰り返し実行制御する制御手段を有することを特徴とする指掌紋画像処理装置。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかに記載された

指掌紋画像処理装置において、

前記局所情報抽出手段では、前記2次元局所領域の各々に2次元フーリエ変換を施して、その結果得られたフーリエ変換面でのピークの内異なる2次元正弦波に対応するピークをその振幅又はピーク近傍のエネルギーの大きなものから順に複数個抽出し、各ピークに対応する2次元正弦波を前記隆線候補画像とするようにしたことを特徴とする指掌紋画像処理装置。

【請求項5】 請求項1乃至3のいずれかに記載された指掌紋画像処理装置において、

前記局所情報抽出手段では、前記2次元局所領域の各々に2次元フーリエ変換を施して、その結果得られたフーリエ変換面でのピークの内異なる2次元正弦波に対応するピークをその振幅又はピーク近傍のエネルギーの大きなものから順に複数個抽出し、各ピークに対応する2次元正弦波を前記隆線候補画像とし、

前記第1隆線候補画像選択手段では、前記2次元局所領域の各々の前記隆線候補画像の中でその振幅が最大となるものを前記第1隆線候補画像と決定するようにしたことを特徴とする指掌紋画像処理装置。

【請求項6】 請求項1乃至3のいずれかに記載された指掌紋画像処理装置において、

前記局所情報抽出手段では、前記2次元局所領域の各々に2次元フーリエ変換を施して、その結果得られたフーリエ変換面でのピークの内異なる2次元正弦波に対応するピークをその振幅又はピーク近傍のエネルギーの大きなものから順に複数個抽出し、各ピークに対応する2次元正弦波を前記隆線候補画像とし、

前記接続性評価手段では、接続性評価の際、隣接する前記2次元局所領域の各々について前記第1隆線候補画像となる2次元正弦波の方向の差、隣接する前記2次元局所領域の各々について前記第1隆線候補画像となる2次元正弦波の位相の差、隣接する前記2次元局所領域の各々について前記第1隆線候補画像となる2次元正弦波のピッチの差、及び隣接する前記2次元局所領域の各々について前記第1隆線候補画像となる2次元正弦波の、前記2次元局所領域同士が接する辺における画素値の差の内少なくとも一つを用いて前記接続性評価を行うようにしたことを特徴とする指掌紋画像処理装置。

【請求項7】 請求項1乃至3のいずれかに記載された指掌紋画像処理装置において、

前記クラスター評価手段では、前記局所領域群の各々の隆線らしさの度合を評価する際、

前記局所領域群の各々に属する2次元局所領域の数、前記局所領域群の各々に属し互いに隣接する前記2次元局所領域間の前記第1隆線候補画像の接続性を評価した量の前記局所領域群毎の和、

前記局所領域群の各々に属する前記2次元局所領域の前記第1隆線候補画像のエネルギーの前記局所領域群毎の

和を前記局所領域群の各々に属する前記2次元局所領域に対応する前記指掌紋画像のエネルギーの前記局所領域群毎の和で割った商、及び前記局所領域群の各々に属する前記2次元局所領域の前記第1隆線候補画像のエネルギーの局所領域群毎の和を前記第1隆線候補画像を除く他の前記隆線候補画像の内でエネルギーが最大である前記隆線候補画像のエネルギーの局所領域群毎の和で割った商の内の少なくとも一つを用いて前記局所領域群の各々の隆線らしさの度合を評価するようにしたことを特徴とする指掌紋画像処理装置。

【請求項8】 請求項2又は3に記載された記載の指掌紋画像処理装置において、

前記局所情報抽出手段では、前記2次元局所領域の各々に2次元フーリエ変換を施して、その結果得られたフーリエ変換面でのピークの内異なる2次元正弦波に対応するピークをその振幅又はピーク近傍のエネルギーの大きなものから順に複数個抽出して、各ピークに対応する2次元正弦波を前記隆線候補画像とし、

前記最適隆線候補画像選択手段では、前記初期局所領域群に属さない2次元局所領域の各々について前記最適候補画像の選択を行う際に、前記初期局所領域群に属する2次元局所領域との距離が小さな2次元局所領域から順に逐時的に前記最適候補画像の選択を行い、該最適候補画像の選択の際、

前記最適隆線候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域に隣接する2次元局所領域の内、前記初期局所領域群に属する2次元局所領域の前記第1隆線候補画像と前記最適隆線候補画像の選択を行おうとする前記2次元局所領域の前記隆線候補画像の各々との接続性を前記隆線候補画像の各々を表す2次元正弦波の方向の差、ピッチの差、位相の差、及び2次元局所領域の境界部分における画素値の差のうち少なくとも一つを用いて評価し、

前記最適隆線候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域に隣接する2次元局所領域の内、前記最適隆線候補画像の選択がすでに終了している2次元局所領域の前記最適候補画像と前記最適隆線候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域の各前記隆線候補画像との接続性を各前記隆線候補画像である2次元正弦波の方向の差、ピッチの差、位相の差、及び2次元局所領域の境界部分における画素値の差のうち少なくとも一つを用いて評価し、

前記最適候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域との距離が、予め定められた閾値よりも小さい2次元局所領域の内で前記初期局所領域群に属する2次元局所領域の前記第1隆線候補画像と前記最適候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域の前記隆線候補画像の各々との前記隆線候補画像の各々を表す2次元正弦波の方向の差の平均及びピッチの差の平均のうち少なくとも一つを用いて評価され、

前記最適候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域

との距離が、予め定められた閾値よりも小さい2次元局所領域の内で前記最適候補画像の選択が終了している2次元局所領域の前記最適隆線候補画像と前記最適候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域の前記隆線候補画像の各々との前記隆線候補画像の各々を表す2次元正弦波の方向の差の平均及びピッチの差の平均のうち少なくとも一つを用いて評価され、

該評価結果を用いて隣接するか又は近傍に存在する2次元局所領域の隆線候補画像と前記隆線候補画像との接続性を評価し、最も接続性が高い隆線候補画像を前記最適隆線候補画像として選択するようにしたことを特徴とする指掌紋画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、指紋・掌紋照合の際用いられる画像処理装置に関し、特に、皮膚紋様画像の隆線画像を抽出するための画像処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、皮膚紋様画像から隆線画像を抽出する方法として、例えば、特公平5-746号公報「指紋画像コード化法」に記載された技術が知られている。この指紋画像コード化法では、指紋画像を小領域に分割して、これら小領域に対してそれぞれに2次元フーリエ変換を施し、各変換面上の情報を用いて特徴を抽出している。

【0003】 さらに、画像上に発生するノイズによる影響を取り除くため、隆線特徴を平滑化する方法（例えば、特願平4-18589号特許明細書「隆線方向パターン平滑化方法およびその装置」及び情報処理学会第22回（昭和56年前期）全国大会（1981）において河越らによって発表された「弛緩法による指紋パターンの分類」）が知られている。隆線方向パターン平滑化方法及びその装置は、エネルギー最小化原理に基づく手法であり、画像上に設定した2次元局所領域毎に抽出した方向に信頼度という尺度を介して評価関数を設定し、その評価関数を最小化することによって平滑化を施している。一方、弛緩法による指紋パターンの分類では、画像上に設定した2次元局所領域毎に抽出した方向に関する情報を所謂弛緩法用いて平滑化する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、特公平5-746号公報に記載された技術では、画像を局所領域に分割して処理を行っている関係上、局所的に指掌紋画像が劣化していると、その周囲の局所領域からの情報を用いて劣化画像を補間する必要があるが、このような補間が行われておらず、精度よく指掌紋画像が得られない。

【0005】 特願平4-18589号特許明細書に記載された技術では、局所領域毎に抽出した隆線特徴の局所領域間の差の全局所領域間にわたる和 E_1 と局所領域から隆線特徴を抽出する際の信頼性の全局所領域の和 E_2 の重

み付きの和(数1で示す)をエネルギー関数と定義し、そのエネルギー関数を最小化することで平滑化を行っている。

【0006】

【数1】

$$E = E_1 + \alpha E_2 \quad (\alpha < 0)$$

しかしながら、掌紋に頻繁に存在する同様のピッチで互いに平行して広範囲にわたって存在する皺の部分に対して、上述の手法を用いると、次のような問題が起きる。

【0007】上述のような皺は、皺の方向・ピッチ等の特徴の隣接領域との接続性が比較的良好いので、皺の成分を選択した方が全体のエネルギーが小さくなることがある。また、皺がはっきりと存在する部分では、隆線特徴抽出の信頼度が大きくなることもある。従って、このような皺を含む画像を平滑化しようとする、皺に合わせて周囲の領域を平滑化してしまい、皺を強調してしまう場合がある。そして、このような不具合を防ぐようにエネルギー関数Eを構成するのは困難である。

【0008】さらに、「弛緩法による指紋パターンの分類」に記載された技術では、局所領域ごとに抽出した方向に関する情報を平滑化する手法として弛緩法を用いているが、この手法においても、掌紋に頻繁に存在する同様のピッチで互いに平行して広範囲にわたって存在する皺の部分に対して、皺に合わせた平滑化が行われ皺を強調してしまう場合がある。

【0009】本発明の目的は、同様のピッチであり互いに平行な皺が広範囲にわたって存在するような画像に対しても隆線を正しく抽出することができる画像処理装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、入力された指掌紋画像から隆線を抽出する指掌紋画像処理装置において、前記指掌紋画像を2次元局所領域に分割して前記2次元局所領域の各々に存在する隆線を表現する隆線候補画像を前記2次元局所領域毎に複数個抽出する局所情報抽出手段と、前記2次元局所領域の各々における複数個の隆線候補画像についてそれぞれ隆線らしさの度合を評価して前記2次元局所領域の各々における隆線候補画像の中で隆線らしさの度合が最も高い隆線候補画像を表す第1隆線候補画像を前記2次元局所領域毎に一つずつ選択する第1隆線候補画像選択手段と、互いに隣接する前記2次元局所領域間において、前記第1隆線候補画像の接続性を評価する接続性評価手段と、前記接続性評価手段で前記第1隆線候補画像の接続性が互いに良いと評価された前記2次元局所領域同士を統合して局所領域群を生成するクラスタリング手段と、前記クラスタリング手段で生成した前記局所領域群の各々に属する前記2次元局所領域における前記第1隆線候補画像の隆線らしさの度合を評価して、隆線らしさの度合が高いと評価された局所領域群を初期局所領域群として決定するクラ

スター評価手段と、前記初期局所領域群に属する局所領域について前記第1隆線候補画像を隆線画像として出力する隆線画像復元手段とを有することを特徴とする指掌紋画像処理装置が得られる。

【0011】さらに、本発明による指掌紋画像処理装置は、前記初期局所領域群に属する2次元局所領域の前記第1隆線候補画像と前記初期局所領域群に属さない2次元局所領域の複数の隆線候補画像との接続性を評価して、前記初期局所領域群に属さない2次元局所領域の各隆線候補画像の中で最も接続性が良い隆線候補画像を前記初期局所領域群に属さない2次元局所領域毎に最適隆線候補画像として一つずつ選択し、前記初期局所領域群に属する2次元局所領域については各2次元局所領域の前記第1隆線候補画像を最適隆線候補画像として選択する最適隆線候補画像選択手段を有する。この際、前記隆線画像復元手段は、前記最適隆線候補画像を隆線画像として出力する。

【0012】また、本発明による指掌紋画像処理装置は、前記最適隆線候補画像を第1隆線候補画像として前記接続性評価手段及び前記クラスター評価手段に与え、前記接続性評価手段、前記クラスタリング手段、前記クラスター評価手段、及び前記最適隆線候補画像選択手段による処理を繰り返し実行制御する制御手段を有している。

【0013】前記局所情報抽出手段では、例えば、前記2次元局所領域の各々に2次元フーリエ変換を施して、その結果得られたフーリエ変換面でのピークの内異なる2次元正弦波に対応するピークをその振幅又はピーク近傍のエネルギーの大きなものから順に複数個抽出し、各ピークに対応する2次元正弦波を前記隆線候補画像とする。そして、前記第1隆線候補画像選択手段では、前記2次元局所領域の各々の前記隆線候補画像の中でその振幅が最大となるものを前記第1隆線候補画像と決定する。

【0014】前記接続性評価手段では、接続性評価の際、(ア)隣接する前記2次元局所領域の各々について前記第1隆線候補画像となる2次元正弦波の方向の差、(イ)隣接する前記2次元局所領域の各々について前記第1隆線候補画像となる2次元正弦波の位相の差、

(ウ)隣接する前記2次元局所領域の各々について前記第1隆線候補画像となる2次元正弦波のピッチの差、及び(エ)隣接する前記2次元局所領域の各々について前記第1隆線候補画像となる2次元正弦波の前記2次元局所領域同士が接する辺における画素値の差の内少なくとも一つを用いて前記接続性評価を行う。

【0015】前記クラスター評価手段では、前記局所領域群の各々の隆線らしさの度合を評価する際、(オ)前記局所領域群の各々に属する2次元局所領域の数、

(カ)前記局所領域群の各々に属し互いに隣接する前記2次元局所領域間の前記第1隆線候補画像の接続性を評

価した量の前記局所領域群毎の和、(キ)前記局所領域群の各々に属する前記2次元局所領域の前記第1隆線候補画像のエネルギーの前記局所領域群毎の和を前記局所領域群の各々に属する前記2次元局所領域に対応する前記指掌紋画像のエネルギーの前記局所領域群毎の和で割った商、及び(ク)前記局所領域群の各々に属する前記2次元局所領域の前記第1隆線候補画像のエネルギーの局所領域群毎の和を前記第1隆線候補画像を除く他の前記隆線候補画像の中でエネルギーが最大である前記隆線候補画像のエネルギーの局所領域群毎の和で割った商の内の少なくとも一つを用いて前記局所領域群の各々の隆線らしさの度合を評価する。

【0016】前記最適隆線候補画像選択手段では、前記初期局所領域群に属さない2次元局所領域の各々について前記最適候補画像の選択を行う際に、前記初期局所領域群に属する2次元局所領域との距離が小さな2次元局所領域から順に逐時的に前記最適候補画像の選択を行い、該最適候補画像の選択の際、(ケ)前記最適隆線候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域に隣接する2次元局所領域の内、前記初期局所領域群に属する2次元局所領域の前記第1隆線候補画像と前記最適隆線候補画像の選択を行おうとする前記2次元局所領域の前記隆線候補画像の各々との接続性を前記隆線候補画像の各々を表す2次元正弦波の方向の差、ピッチの差、位相の差、及び2次元局所領域の境界部分における画素値の差のうち少なくとも一つを用いて評価し、(コ)前記最適隆線候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域に隣接する2次元局所領域の内、前記最適隆線候補画像の選択がすでに終了している2次元局所領域の前記最適候補画像と前記最適隆線候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域の各前記隆線候補画像との接続性を各前記隆線候補画像である2次元正弦波の方向の差、ピッチの差、位相の差、及び2次元局所領域の境界部分における画素値の差のうち少なくとも一つを用いて評価し、

(サ)前記最適候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域との距離が、予め定められた閾値よりも小さい2次元局所領域の内、前記初期局所領域群に属する2次元局所領域の前記第1隆線候補画像と前記最適候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域の前記隆線候補画像の各々との前記隆線候補画像の各々を表す2次元正弦波の方向の差の平均及びピッチの差の平均のうち少なくとも一つを用いて評価され、(シ)前記最適候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域との距離が、予め定められた閾値よりも小さい2次元局所領域の内、前記最適候補画像の選択が終了している2次元局所領域の前記最適隆線候補画像と前記最適候補画像の選択を行おうとする2次元局所領域の前記隆線候補画像の各々との前記隆線候補画像の各々を表す2次元正弦波の方向の差の平均及びピッチの差の平均のうち少なくとも一つを用いて評価され、該評価結果を用いて隣接するか又は近傍に存在

する2次元局所領域の隆線候補画像と前記隆線候補画像との接続性を評価し、最も接続性が高い隆線候補画像を前記最適隆線候補画像として選択する。

【0017】同様のピッチであり、互いに平行する皺が広範囲にわたって存在するような画像から皺の影響を受けないように隆線画像を抽出する際には、まず一つ一つの局所領域について、その局所領域の隆線を表現する候補となる画像(以下候補画像と呼ぶ)を複数個抽出する。そして、その候補画像の情報のみから最も隆線らしい候補画像を各局所領域毎に一つ選択する。このような候補画像のことを第1隆線候補画像と呼ぶことにする。

【0018】次に、第1隆線候補画像が真に隆線を表現する局所領域を見付ける。このような局所領域の集合のことを初期局所領域群と呼ぶことにする。そして、この初期局所領域群に含まれる局所領域についてのみ復元を行なう。復元は、それぞれの局所領域の第1隆線候補画像を用いて行なう。

【0019】このような手順で隆線画像を抽出すると、初期局所領域群に属する局所領域の第1隆線候補画像は、皺ではなく隆線を表す可能性が高い。従って、このような手法を用いると、隆線を表す可能性が高い部分だけが復元され、信頼度の高い隆線画像を得ることができる。

【0020】上述の説明では、信頼性の高い領域である初期局所領域群を見つけその部分でだけで復元を行なう手法について説明したが、その他の領域についても隆線を抽出するようにしてもよい。

【0021】具体的には、初期局所領域群の第1隆線候補画像が隆線を正しく表すものとして、初期局所領域群に含まれない局所領域について隆線を表す画像を隆線候補画像から選択する。この際、初期局所領域群に近い局所領域から順に逐次的に選択を行い、初期局所領域群に含まれる局所領域の第1隆線候補画像及びそれ以前に選択の済んだ局所領域の選択された候補画像との接続性を評価して、その接続性が最も良い候補画像を選択する。そして、初期局所領域群に含まれる局所領域についてはその局所領域の第1隆線候補画像を隆線を表すものとし、その他の局所領域については以上のようにして選択された隆線候補画像を隆線を表すものとする。

【0022】つまり、まず、隆線を表している部分を少しでもよいから見付け、そして、その部分との接続性に基づいてその他の部分の隆線を決定して行くという手法である。皺と隆線との間には一般に連続性は無いから、このような手法をとることによって、皺と隆線とが重なって存在している領域であっても、皺を表す隆線候補画像を選ばずに隆線を表す隆線候補画像を選択することができる。

【0023】ところで、一度選択が終わった隆線候補画像を再び検証して、より信頼性の高い復元を行うようにしてもよい。

【0024】具体的には、まず、一旦上述の処理処理を行う。その後、選択された隆線候補画像の接続性を再び調べる。再び接続性の良い局所領域を一つにまとめるクラスタリングを行い、そのクラスターの隆線らしさの判定を行って初期局所領域群を求める。そして、初期局所領域群に属さない局所領域について、隆線候補画像の選択を行う。再び、選択された隆線候補画像の連続性を調べて、上述の処理を行う。このような処理を数回繰り返して、最後に得た隆線候補画像を用いて復元画像を生成する。

【0025】一度選択した隆線候補画像には、最初に選ばれた第1隆線候補画像よりも隆線を表す画像が多く含まれている。従って、一度選択した隆線候補画像について再び初期局所領域群を求めればその面積は最初に比べ大きくなる。そうすると、その局所領域群で選択されている隆線候補画像が隆線を表している可能性が高くなり、それを基にして選択した部分が隆線を正確に表している可能性も高くなる。この結果、より信頼性の高い復元を行うことができる。また、初期局所領域群に含まれない局所領域で隆線候補画像の選択を行なう際に、元となる領域が広い範囲にわたって求まっているので、一度の誤った選択が広がってしまうということが少なくなる。

【0026】ところで、隆線は局所的に見ると2次元正弦波で良く近似できる。そこで、各局所領域における隆線を2次元正弦波でモデル化する。この際、局所領域の画像から隆線の候補画像を抽出するためには、局所領域を良く近似する幾つかの正弦波を抽出すればよい。

【0027】そこで、そのような正弦波を抽出するために局所領域の画像にフーリエ変換を施して、そのパワースペクトラムのピークを振幅又はピーク近傍のエネルギーの大きさが大きなものから数個抽出する。そして、これらのピークに対応する正弦波を隆線を表す候補画像とする。

【0028】画素値が実数の画像をフーリエ変換すると、そのパターンは原点对称なものとなるので、それぞれのピークについて、原点对称な位置に同一の大きさのピークが存在することになる。その二つのピークに対して実数値を持つ一つの2次元正弦波画像が決まる。従って、そのような原点对称な位置に存在するピークは同一のものとして、複数のピークを抽出する際には、原点对称な関係ならないピークを複数個抽出する。

【0029】このようにして、複数の正弦波を選択することによって隆線と皺が重なりあった部分でも、皺の成分だけではなく隆線の成分も抽出することができる。また、正弦波で近似することによって、隆線の方角・ピッチ・位相等の情報が扱いやすくなる。

【0030】隆線を正弦波で近似した際、指掌紋画像には、隆線と皺以外には周期性のあるパターンは現れにくい。従って、隆線があり皺の無い部分では、隆線を表す

振幅の大きなピークとその他のノイズに起因する多数の小さなピークがフーリエ面で観測される。また、皺が存在する部分では隆線と皺とが大きなピークとして観測され、その他の成分は小さなピークとしか観測されない。

【0031】皺と隆線のどちらかが振幅が大きくなるかは画像によるが、局所的にみると皺は隆線と似た性質を持つから、ほぼ同様の頻度で、皺か隆線が振幅最大のものとなる。従って、振幅が大きなピーク程隆線である可能性が高い。よって、振幅が最大のピークに対応する正弦波を選べば、隆線を表す隆線候補画像を効率良く選ぶことができる。

【0032】接続性評価手段による接続性の度合の尺度として、例えば、

- (1) 隣接する2次元局所領域について、それぞれの第1隆線候補画像となる正弦波の方角の差
- (2) 隣接する2次元局所領域について、それぞれの第1隆線候補画像となる正弦波の位相の差
- (3) 隣接する2次元局所領域について、それぞれの第1隆線候補画像となる正弦波のピッチの差
- (4) 隣接する2次元局所領域について、それぞれの第1隆線候補画像となる正弦波の2次元局所領域同士が接する辺の画素値の差

が用いられる。

【0033】隆線の方角とピッチとは緩やかに変化する。また、端点・分岐点といった特徴点及びコア・デルタといった特異点付近を除けば、位相も緩やかに変化する。さらに、特徴点以外では、局所領域間で画素値はやはり緩やかに変化している。これらの性質から、隣接する局所領域間において方角・ピッチ・位相・画素値の差を測定することによって、それらが繋がったものなのかあるいはそうではなくてどちらか片方が皺またはノイズなのかを判定することができる。

【0034】掌紋画像には、局所的な性質が隆線に酷似した皺が存在するので、局所領域の第1隆線候補画像が隆線なのか皺なのかあるいはノイズなのかをその局所領域のみの情報から正確に推定するのは困難である。局所領域の第1隆線候補画像についてそのような推定を行うためには、ある程度広い範囲についてその隆線・皺をしらべる必要がある。そこで、本発明では次のような手法を方法をとる。

【0035】まず、全ての隣接する局所領域間で第1隆線候補画像が表現する隆線特徴の接続性を評価し、接続しているのかいないのかを判定する。そして、接続していると判定された局所領域をまとめていき局所領域群を生成する。

【0036】ここで、まとめるのは次のようなことをいう。局所領域を節とし、隣接し接続性のある局所領域間に枝があるようなグラフを考えると、同一の局所領域群に属している任意の2つの局所領域に対応する節の間に必ずパスがあり、同じ局所領域群に属していない2つの

局所領域に対応する節の間には必ずパスが存在しないように局所領域群を構成する。このような局所領域群を構成することを「まとめる」という。

【0037】次に、この局所領域群毎にその局所領域群に属する局所領域の第1隆線候補画像が隆線を表している画像であるかどうかを評価していく。隣接した局所領域の第1隆線候補画像が隆線が連続した皺を表すものだとすれば、両者の隆線特徴の接続性は良くなるはずである。従って、接続していると判定された局所領域群は、それを構成している局所領域の第1隆線候補画像が全て隆線を表しているか、又は皺を表しているかのどちらかということになる。一つながりの隆線または皺であると考えられる。よって、この局所領域群について、隆線であるかどうかを判定すれば良いということになる。

【0038】局所領域群毎の隆線らしさの評価は、

(5) 局所領域群に属する局所領域数

(6) 局所領域群に属する局所領域の第1隆線候補画像の接続性

(7) 局所領域群に属する局所領域の第1隆線候補画像が表現する画像のエネルギーとその局所領域に対応する原画像のエネルギーとの比

(8) 局所領域群に属する局所領域の第1隆線候補画像の表現する画像のエネルギーの和と、その局所領域群に属する局所領域において第1隆線候補画像を除いて、エネルギーが最大となる隆線候補画像のエネルギーの和との比

の各特徴量を用いて評価する。以下、それぞれの特徴量について説明する。

【0039】(5)の特徴量は、次のような考え方から導かれた特徴量である。

【0040】掌紋において、隆線に似た性質を持つ皺が存在する部分では、互いに同じ位の強さを持った2つの皺が交差して存在し、更に隆線が存在することが多い。これらの皺の成分が隆線の成分に比べ強い場合、このような部分の各局所領域の第1隆線候補画像は交差する2つの皺のいずれかになる。

【0041】しかし、この交差する2つの皺が互いに同じような強さであるため、どちらの皺が第1隆線候補画像となるかは不安定である。よって、このような部分では、広い範囲にわたってどちらか一方の皺が第1隆線候補画像となることはなく、2つの皺が混ざった状態となる。

【0042】従って、このような皺の部分では、接続性評価によって得られる局所領域群は大きくならず、多数の小さい局所領域群ができることになる。

【0043】一方、皺が少なく隆線がはっきりと出ている部分では、隆線が第1隆線候補画像となり、局所領域群は大きくなる。つまり、皺を表す候補画像は小さな局所領域群となり、隆線を表す候補画像は大きな局所領域群となる傾向がある。

【0044】従って、局所領域群を構成する局所領域数が多いほど、その局所領域群を構成する局所領域の第1隆線候補画像が隆線を表現している確率も高くなる。

【0045】次に、(6)の特徴量について説明する。

【0046】皺の部分の局所領域間の接続性は隆線の接続性に比べやや良くない。隆線は皮膚上に密に存在しており、その方向・ピッチといった空間的な変化は、緩やかである。これに対して、皺は密には存在しておらず、隣り合った皺は隆線の場合に比べると接続性に欠ける。

【0047】従って、局所領域群毎にそれを構成する局所領域間の接続性を評価し、方向の差及びピッチの差等の接続性を表す量を局所領域間の数で正規化した値が小さい程隆線である可能性が高い。

【0048】(7)の特徴量は、局所領域における画像中に第1隆線候補画像の成分がどれだけ含まれているかを表す量である。

【0049】この量が小さい程、その局所領域中には、第1隆線候補画像以外の成分が多く含まれるということになる。そのような局所領域は、皺が含まれているかつぶれ又はかすれの影響が大きい部分であり、第1隆線候補画像が隆線である可能性が低い。

【0050】(8)の特徴量について説明する。

【0051】もし、皺を含む局所領域であるなら、皺はかなりエネルギーが大きな候補となるはずである。指紋又は掌紋が押捺されている部分では、皺が存在するところには隆線が存在するので、このような局所領域には大きなエネルギーをもつ候補が2つあるいは3つ存在している。

【0052】皺がなく隆線のみが存在する領域では、第1隆線候補画像以外の隆線候補画像は小さなエネルギーしか持たない。従って、第1隆線候補画像のエネルギーの調べようとする局所領域群にわたる総和を第1隆線候補画像を除いてその振幅が最大となるもののエネルギーの総和で割った結果の値が大きいほど、皺が存在しないということになり、第1隆線候補画像が隆線を表している確率が高いと評価できる。

【0053】本発明では、以上のような特徴量を用いて第1隆線候補画像が隆線を表すような局所領域の集合である局所領域群を求める。

【0054】以下、本発明による隆線候補画像選択手法について説明する。なお、以下の説明では、クラスター評価手段で第1隆線候補画像が隆線を表すと決定された局所領域のことを初期局所領域と呼ぶ。

【0055】最適隆線候補画像の選択は、初期局所領域に隣接する局所領域から順に行う。個々の局所領域での選択手法は以下の通りである。

【0056】選択しようとしている局所領域の各隆線候補画像とその局所領域の近傍にある初期局所領域の第1隆線候補画像及び選択が終了している局所領域の最適隆線候補画像との方向・ピッチ・位相・画素値の連続性を

調べる。

【0057】前述のように、指掌紋の隆線において方向・ピッチ・位相は緩やかに変化している。よって、画像上で近傍にある2つの局所領域の間で、隆線を表す隆線候補画像同士の間で、方向・ピッチ・位相の差は小さなものとなる。また、隣接する2つの局所領域の間で、隆線を表す隆線候補画像同士の画素値は連続して変化するため、その隣接部分の画素値の差は小さなものとなる。初期局所領域の第1隆線候補画像又は選択が終了している局所領域の最適隆線候補画像は、隆線を表すものが選択されている可能性が高い。

【0058】よって、隣接又は近傍にある初期局所領域の第1隆線候補画像、選択が終了している局所領域の最適隆線候補画像との方向・ピッチ・位相・隣接部分の画素値の差が小さい隆線候補画像が隆線を表している可能性が高いということになる。従って、このような選択手法をとることによって、隆線を表す隆線候補画像を正確に選択することができる。

【0059】

【発明の実施の形態】以下本発明について図面を参照して説明する。

【0060】図1を参照して、図示の指掌紋画像処理装置は、局所情報抽出部11、第1隆線候補画像選択部12、接続性評価部13、クラスタリング部14、クラスター評価部15、及び隆線画像復元部16を備えている。局所情報抽出部11では、入力画像を2次元局所領域に分割して、局所領域に存在する隆線を表現する候補となる画像（隆線候補画像）を複数個抽出する。第1隆線候補画像選択部12では、各局所領域で抽出された複数の隆線候補画像のそれぞれの隆線らしさの度合を評価して一つ一つの局所領域における隆線候補画像の中で隆線らしさの度合が最も高い隆線候補画像である第1隆線候補画像を全ての局所領域ごとに一つずつ選択する。接続性評価部13では、第1隆線候補画像の各局所領域間の接続性を評価する。クラスタリング部14では、接続性評価部13において互いに第1隆線候補画像の接続性が良いと評価された局所領域を統合した局所領域群を生成する。クラスター評価部15では、クラスタリング部14で生成した局所領域群に属する局所領域において、第1隆線候補画像の隆線らしさの度合を評価し隆線らしさの度合が高いと評価される局所領域群である初期局所領域群を決定する。そして、隆線画像復元部16では、隆線画像として初期局所領域群に属する局所領域について第1隆線候補画像を出力する。

【0061】例えば、局所情報抽出部11では、まず、スキャナ又はテレビカメラ等の画像入力装置を用いて撮像された指紋又は掌紋等の皮膚紋様のデジタル画像を局所領域に分割する。以降の説明では、図2に示すように、入力する画像が20dot/mmの解像度で撮像された512×512画素の画像であり、局所領域を8×

8画素の大きさとする。なお、他の解像度、画像サイズ、局所領域サイズの場合も同様に処理を行うことができる。

【0062】次に、隆線画像候補を抽出するため、各局所領域を中心として、所定の広がりを持つ局所画像に対してフーリエ変換を施す。この際の処理の一例を以下に示す。なお、ここでは、図3に示すように、64×64画素の大きさの局所画像について説明する。また、各局所画像の最も左上の画素から数えて、右に32画素目、下に32画素目の画素を原点とし、左右方向をxで表し、右方向を正方向とする。そして、上下方向をyで表し、下方向を正方向とする座標系を用いて説明する。つまり、図3に示す64×64画素の大きさの局所画像の中心を原点とする座標系である。

【0063】この64×64画素の局所画像を $g(x, y)$ で表し、窓関数を $w(x, y)$ で表す。ここで窓関数は、数2で表わされるものとする。

【0064】

【数2】

$$w(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad \sigma=8$$

局所画像 $g(x, y)$ に $w(x, y)$ を乗じた画像の直流成分（数3で示す）を原画像から引いた画像に $w(x, y)$ を乗じた画像（数4で示す）に対してフーリエ変換を施す。

【0065】

【数3】

$$d_c = \sum_{x=-32}^{31} \sum_{y=-32}^{31} w(x, y) g(x, y)$$

【0066】

【数4】

$$f(x, y) = w(x, y) (g(x, y) - d_c)$$

そして、 $f(x, y)$ にフーリエ変換を施した $F(\xi, \eta)$ の領域（数5で示す）に存在するピークの内、その大きさ $|F(\xi, \eta)|$ が大きなものから順に複数個選ぶ。

【0067】

【数5】

$$(|F(\xi, \eta)| \geq 0 \text{ かつ } \eta \geq 0, \text{ および } \xi > 0 \text{ かつ } \eta < 0)$$

ここでは、6個選択したとして説明する。それらのピークの存在する座標を数6とする。

【0068】

【数6】

$$((\xi_n, \eta_n))_{n=1}^6$$

ここで、 n は、その局所領域の隆線候補画像に対応するピークの番号であるとする。 n は、 $|F(\xi, \eta)|$ が大きなものから順に1, 2, 3, 4, 5, 6とする。フ

ーリエ面での一点は画像面では、一つの正弦波に対応する。隆線は、局所的には2次元正弦波でよく近似することができるので、これらのピークに対応する2次元正弦波をそれぞれの局所領域の隆線候補画像とする。

【0069】次に、そのピークに対応する正弦波を特徴付けるパラメータをそれぞれのピークより算出し記録する。そのようなパラメータの一例について説明する。

【0070】局所領域 I_{ij} ($0 < i < 63$, $0 < j < 6$)

$$a_n^{(i,j)} = 2 \sqrt{|F(F_n^{(i,j)}, q_n^{(i,j)})|^2} \quad i=1, 2, \dots, 6$$

位相は数9で表わされる。

【0073】

$$p_n^{(i,j)} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im} \{F(F_n^{(i,j)}, q_n^{(i,j)})\}}{\text{Re} \{F(F_n^{(i,j)}, q_n^{(i,j)})\}} \right) \quad i=1, 2, \dots, 6$$

方向は数10で表わされる。

【0074】

【数10】

$$d_n^{(i,j)} = \tan^{-1} \left(\frac{q_n^{(i,j)}}{f_n^{(i,j)}} \right) \quad i=1, 2, \dots, 6$$

$$f_n^{(i,j)} = \frac{1}{64} \sqrt{(F_n^{(i,j)})^2 + (q_n^{(i,j)})^2} \quad i=1, 2, \dots, 6$$

ピーク周辺のパワーは数12で表わされる。

【0076】

$$v_n^{(i,j)} = \frac{4\pi^2 \sigma^4}{64^2} \sum_{(F, q) \in \{(F_n^{(i,j)}, q_n^{(i,j)}) \text{ の 8 近傍} \}} 2 |F(F, q)|^2$$

また、 f の全パワーは数13で求められる。

【0077】

【数13】

$$v_t^{(i,j)} = \frac{4\pi^2 \sigma^4}{64^2} \sum_{f=32}^{31} \sum_{q=32}^{31} |F(F, q)|^2$$

$$g_n^{(i,j)}(x, y)$$

$$= a_n^{(i,j)} \cos(2\pi f_n^{(i,j)}(x \cos(d_n^{(i,j)}) + y \sin(d_n^{(i,j)})) - p_n^{(i,j)})$$

そして、数15が各局所領域における隆線を表す候補画像となる。

【0079】

【数15】

$$\{g_n^{(i,j)}(x, y)\}_{n=1}^6$$

$$\left\{ \{a_n^{(i,j)}, p_n^{(i,j)}, d_n^{(i,j)}, f_n^{(i,j)}, v_n^{(i,j)}\}_{n=1}^6, v_t^{(i,j)} \right\}_{i=0}^{63} \quad j=0$$

次に、第1隆線候補画像選択部12では、各隆線候補画像である正弦波に関する情報から最も隆線らしいと判定

3) の第 n 番目のピークのフーリエ面での座標値を数7とすると、算出する振幅は数8で表わされる。

【0071】

【数7】

$$(F_n^{(i,j)}, q_n^{(i,j)})$$

【0072】

【数8】

【数9】

周波数は数11で表わされる。

【0075】

【数11】

【数12】

30 これらのパラメータから決定される画像は数14で表わされる(図4)。

【0078】

【数14】

40 局所情報抽出部11は、すべての局所領域毎にこれらのパラメータの値(数16で示す)を第1隆線候補画像選択部12、接続性評価部13、及びクラスター評価部15、隆線画像復元部16に与える。

【0080】

【数16】

される正弦波を各局所領域ごとに一つ選択する。この際、隣接局所領域との接続性等は考慮せず、注目してい

る局所領域単独の情報から選択を行う。このような正弦波のことを第1隆線候補画像と呼ぶ。隆線らしさの度合いを計るためには、例えば、正弦波の振幅を用いることができる。つまり、振幅が最大の正弦波が最も隆線らしい正弦波として選択される。第1隆線候補画像選択部12は、各局所領域の第1隆線候補が局所情報抽出部11で抽出した隆線候補画像のどれであるかを示す2次元配列(数17)を接続性評価部13、及びクラスター評価部15に与える。

【0081】

【数17】

$$(first_{ij})_{i=0 \dots 83, j=0 \dots 83}$$

次に、接続性評価部13では、各局所領域に対して数17に格納されている番号に対応する隆線候補画像、即ち、第1隆線候補画像の各情報の接続性を隣接する各局所領域の間について評価する。以下の説明では、隣接の定義として4連結で隣合う関係にあるものを隣接すると

$$J_1 \equiv \begin{cases} \sum_{y=4}^5 |g_1^{(i,j)}(5,y) - g_1^{(i+1,j)}(4,y)| & \text{右隣り}(l_{i+1,j}) \text{ との評価の場合} \\ \sum_{x=4}^5 |g_1^{(i,j)}(x,5) - g_1^{(i,j+1)}(x,4)| & \text{下隣り}(l_{i,j+1}) \text{ との評価の場合} \end{cases}$$

次に、方向の接続性の評価法の一例について説明する。この例では、方向の接続性の評価は、隣接する局所領域間において、第1隆線候補画像の方向の差を用いて評価する。差が小さければ接続しており、大きければ接続していないとする。その差は、次元局所領域 l_{ij} の第1隆線候補画像の正弦波の方向を表すパラメータ(数19)を用いて、数20で表わすことができる。

$$J_2 \equiv \begin{cases} |d_1^{(i,j)} - d_1^{(i+1,j)}| \bmod \pi & \text{右隣り}(l_{i+1,j}) \text{ との評価の場合} \\ |d_1^{(i,j)} - d_1^{(i,j+1)}| \bmod \pi & \text{下隣り}(l_{i,j+1}) \text{ との評価の場合} \end{cases}$$

ピッチ接続性の評価法の一例について説明する。この例では、ピッチの接続性の評価は、隣接する局所領域間の第1隆線候補画像となる正弦波のピッチの差を用いて評価する。差が小さければ接続しており、大きければ接続していないとする。ピッチは周期の逆数で与えられるから、領域 l_{ij} の第1隆線候補画像となる正弦波の周期(数21)を用いてピッチの差は数22で表わすことが

$$J_3 \equiv \begin{cases} \left| \frac{1}{f_1^{(i,j)}} - \frac{1}{f_1^{(i+1,j)}} \right| & \text{右隣り}(l_{i+1,j}) \text{ との評価の場合} \\ \left| \frac{1}{f_1^{(i,j)}} - \frac{1}{f_1^{(i,j+1)}} \right| & \text{下隣り}(l_{i,j+1}) \text{ との評価の場合} \end{cases}$$

位相接続性の評価法の一例について説明する。正弦波の位相とは、各局所領域の局所座標系の原点と正弦波の値が最大となる点の集合との最短距離に 2π とその正弦波の周期を乗じたものと等しい。従って、異なる局所領域

した。なお、他の隣接の定義を用いても同様に装置を構成することができる。

【0082】この際の評価は、画素の接続性、方向の接続性、ピッチの接続性、及び位相の接続性の4つの特徴に着目し、それらの特徴を統合することによって行う。ここでの評価は接続しているか否かの2値で与える。以下、画素の接続性、方向の接続性、ピッチの接続性、及び位相の接続性の特徴について説明する。

【0083】まず、画素の接続性の評価法の一例について説明する。この例では、画素の接続性の評価は、各領域について図5の網点で示す部分の画素について行う。局所領域 l_{ij} を第1隆線候補画像を用いて復元する際、この網点の部分まで延長した際の画素値と、その隣の局所領域を第1隆線候補画像を用いて復元する際のこの部分の画素値とを比較し、それぞれの差の総和 J_1 を求める。その差は数18で表わすことができる。

【0084】

【数18】

【0085】

【数19】

$$d_1^{(i,j)}$$

【0086】

【数20】

できる。

【0087】

【数21】

$$f_1^{(i,j)}$$

【0088】

【数22】

同士を比較する際には、そのままの値では意味がなく、どちらかの座標系に変換したものの同士を比較する必要がある。この例では、 l_{ij} とその隣接局所領域を比較する際には、 l_{ij} の座標系に変換してその値の差をとること

にする。局所領域 $I_{i+1,j}$ の第 n ピークの位相を数 23、
 $I_{i,j+1}$ の第 1 ピークの位相を数 24 とすると、これを $I_{i,j}$ の座標系に変換したものは数 25 のようになる。

【0089】

【数23】

【0090】

【数24】

$Ph_n^{(i,j+1)}$

【0091】

【数25】

$Ph_n^{(i+1,j)}$

$$Ph_n^{(i+1,j)} \rightarrow Ph_n^{(i+1,j)} \text{ (new)}$$

$$= \begin{cases} ((Ph_n^{(i+1,j)} - 2\pi r f_n^{(i+1,j)} \cos(d_n^{(i+1,j)})) \bmod 2\pi) \\ (Ph_n^{(i+1,j)} - 2\pi r f_n^{(i+1,j)} \cos(d_n^{(i+1,j)}) \bmod 2\pi < \pi \text{ の場合}) \\ ((Ph_n^{(i+1,j)} - 2\pi r f_n^{(i+1,j)} \cos(d_n^{(i+1,j)})) \bmod 2\pi) - 2\pi \\ (Ph_n^{(i+1,j)} - 2\pi r f_n^{(i+1,j)} \cos(d_n^{(i+1,j)}) \bmod 2\pi \geq \pi \text{ の場合}) \end{cases}$$

$$Ph_n^{(i,j+1)} \rightarrow Ph_n^{(i,j+1)} \text{ (new)}$$

$$= \begin{cases} ((Ph_n^{(i,j+1)} - 2\pi r f_n^{(i,j+1)} \sin(d_n^{(i,j+1)})) \bmod 2\pi) \\ (Ph_n^{(i,j+1)} - 2\pi r f_n^{(i,j+1)} \sin(d_n^{(i,j+1)}) \bmod 2\pi < \pi \text{ の場合}) \\ ((Ph_n^{(i,j+1)} - 2\pi r f_n^{(i,j+1)} \sin(d_n^{(i,j+1)})) \bmod 2\pi) - 2\pi \\ (Ph_n^{(i,j+1)} - 2\pi r f_n^{(i,j+1)} \sin(d_n^{(i,j+1)}) \bmod 2\pi \geq \pi \text{ の場合}) \end{cases}$$

但し、 r は局所領域の一边の長さであり、この例では r わすことができる。

= 8 とする。この変換した位相と $I_{i,j}$ の位相を数 24 と 30 【0092】

比較する。つまり、第 1 ピークの位相の差は数 26 で表 【数26】

$$J_4 \equiv \begin{cases} |Ph_1^{(i,j)} - Ph_1^{(i+1,j)} \text{ (new)}| \bmod \pi & \text{右隣りとの評価の場合} \\ |Ph_1^{(i,j)} - Ph_1^{(i,j+1)} \text{ (new)}| \bmod \pi & \text{下隣りとの評価の場合} \end{cases}$$

以上説明した J_1 , J_2 , J_3 , J_4 という 4 つの特徴
 量を統合して、局所領域の接続性を評価する。統合の仕
 方としての例として数 27 のようなものがある。

【0093】

【数27】

$$J_1 < TH_{\text{pixel}} \text{ かつ } J_2 < TH_{\text{dir}} \text{ かつ } J_3 < TH_{\text{pitch}} \text{ かつ } J_4 < TH_{\text{phase}}$$

→ 接続している

その他 → 接続していない

これは、画素、方向、ピッチ、及び位相の全ての接続関
 係が良好である場合のみ接続していると判定する例であ
 る。閾値の例を数 28 に一組挙げる。

【0094】

【数28】

$$TH_{\text{pixel}} = 3, TH_{\text{dir}} = \frac{\pi}{8}, TH_{\text{pitch}} = 2, TH_{\text{phase}} = \frac{\pi}{4}$$

このような評価を隣接する全ての局所領域間に存在する

辺に対して行い、各辺について接続しているか否かの情
 報をクラスタリング部 14 に与える。

【0095】クラスタリング部 14 では、接続性評価部
 13 での接続性の評価の結果、隣接する局所領域で接続
 していると判定された局所領域をまとめて局所領域群を
 作成する。

【0096】具体的には、局所領域を節とし、隣接し接
 続性のある局所領域間に枝があるようなグラフを考え

る。この際、同一の局所領域群に属している任意の2つの局所領域に対応する節の間に必ずパスがあり、同一の局所領域群に属していない2つの局所領域に対応する節の間にはパスが存在しないように局所領域群を構成することを、ここでは「まとめる」と呼ぶ。

【0097】ここでは、クラスタリングの方法の一例として、接続性評価部13での接続性の評価の結果、接続しないと判定された辺と画像の端の辺で囲まれ、閉領域を成している局所領域群を抽出し、同一の閉領域の中にある局所領域を一つの局所領域群として抽出する方法について説明する。以下の説明では、接続性の評価の結果、接続していないと判定された局所領域間の辺及び画像の端の辺のことを接続不良辺と呼ぶことにする。

【0098】まず、繋がってる接続不良辺をまとめて、接続不良辺群を作成する。次に、接続不良辺群を閉領域をなしているものとそうでないものとに分類する。そして、各閉領域に通し番号を付ける。この各閉領域がそれぞれ局所領域群となる。各局所領域について、 $label_{ij}$ が、局所領域 i_{ij} の属する局所領域群のラベル番号となる2次元配列(数29)を生成し、クラスター評価部15に与える。

【0099】

【数29】

$$(label_{ij})_{1 \sim 4, 1 \sim 4}^{83, 83}$$

クラスター評価部15では、クラスタリング部14で生成した各局所領域群に属する局所領域の第1隆線候補画像の隆線らしさの度合を評価し、隆線らしさの度合が高いと評価される局所領域群である初期局所領域群を決定する。

【0100】具体的には、各局所領域群を構成する局所領域の数を算出し、その数が多い順にいくつかの局所領域群を初期局所領域群と決定する。この例では、多い順に4つの局所領域群を初期局所領域群と決定するものとする。そして、局所領域 i_{ij} が初期局所領域群を構成するものであれば、2次元配列(数30)に第1隆線候補画像を表す番号を設定し、初期局所領域群を構成するものでなければ、2次元配列(数30)に“0”を設定して、隆線画像復元部16に与える。

【0101】

【数30】

$$(peak_{ij})_{1 \sim 4, 1 \sim 4}^{83, 83}$$

隆線画像復元部16では、各局所領域 i_{ij} について、クラスター評価部15から提供された数30に格納されている番号に対応する隆線候補画像を出力する。復元画像の生成は、数30と局所情報抽出部11が出力したパラメータ群とを用いて数14によって計算する。但し、 $peak_{ij}$ の値が0のときは、その局所領域からは隆線は抽出できなかったとしてその部分の復元は行わない。隆

線画像復元部16はこの画像を最終結果として出力する。

【0102】上述のようにして、入力された指掌紋画像から隆線画像が得られる。

【0103】次に、本発明による指掌紋画像処理装置の第2の例について説明する。

【0104】図6を参照して、この例では、局所情報抽出部11、第1隆線候補画像選択部12、接続性評価部13、クラスタリング部14、及びクラスター評価部15までは、図1に示す指掌紋画像処理装置と同様の動作を行う。つまり、初期局所領域群を決定するまでは図1に示す指掌紋画像処理装置と同様の処理を行う。

【0105】この例では、クラスター評価部15は、初期局所領域群として決定された局所領域群のラベルの番号を最適隆線候補画像選択部17に与える。最適隆線候補画像選択部17では、クラスター評価部15で決定した初期局所領域群に属さない局所領域について隆線候補画像の選択を行う。

【0106】まず、選択の順番について説明すると、初めに、最適隆線候補画像選択部17では、クラスター評価部15で決定した初期局所領域群に属する局所領域に隣接する局所領域について選択を行う。そして、隣接する局所領域がなくなったら、今度は選択を終えた局所領域に隣接する局所領域について選択を行う。この処理を全ての局所領域で選択が終わるまで繰り返す(図7)。

【0107】次に、選択の際の評価方法について説明する。この選択は、選択を行おうとする局所領域とその局所領域に隣接するものの内、

①初期局所領域に属する局所領域の第1隆線候補画像

②その時点で既に選択が終わっている局所領域の最適隆線候補画像

との間の隆線候補画像の接続性を用いて行う。

【0108】以下の説明においては、隣接の定義として4連結で隣合う関係にあるものを隣接するとした場合について説明する。もちろん、他の隣接の定義を用いても同様に装置を構成することができる。

【0109】接続性を評価する隆線候補画像は、2次元配列(数30)の対応する番号の隆線候補画像である。

これは、初期局所領域に属する局所領域については第1隆線候補画像であり、その時点で既に選択が終わっている局所領域に対しては選択された隆線候補画像である。これらの隆線候補画像と選択を行おうとする局所領域の複数の隆線候補画像との接続性を評価し、その隆線候補画像の中から接続性の良いものを一つだけ選択する。

【0110】ここでは、隆線候補画像を6個ずつ選ぶ場合を例にとって説明する。選択した隆線候補画像の番号を2次元配列(数30)にセットする。接続性の評価は、以下に説明する4つの特徴量を用いて行う。第1の特徴量は、評価の対象となる局所領域と4近傍で隣接する局所領域との方向の接続性である。隣接する4つの局

所領域の中で、初期局所領域群に属する局所領域、あるいはその時点で選択が終了している局所領域の2次元配列(数30)に格納されている番号の隆線候補画像である2次元正弦波の方向を表すパラメータと、選択を行おうとする局所領域の各隆線候補画像の方向を表すパラメータとの差をその局所領域におけるすべての隆線候補画像について算出する。選択を行う局所領域n番目の隆線候補画像との方向の差の絶対値の和を J_{1n} とする。

【0111】第2の特徴量は、評価の対象となる局所領域の4近傍の局所領域とのピッチの接続性である。隣接する4つの局所領域の中で、初期局所領域群に属する局所領域、あるいはその時点で選択が終了している局所領域の2次元配列(数30)に格納されている番号の隆線候補画像である2次元正弦波のピッチと、選択を行おうとする局所領域の各隆線候補画像のピッチとの差の絶対

$$\bar{d} = \sum_k \frac{1}{2} \cos^{-1} \frac{\sum_k \cos 2d^{(k)}}{\sqrt{(\sum_k \cos 2d^{(k)})^2 + (\sum_k \sin 2d^{(k)})^2}}$$

もちろん他の定義によっていくつかの局所領域を代表する方向を計算しても同様に処理を行うことができる。以上の説明から、選択を行う局所領域のn番目の隆線候補画像の正弦波の方向との差 J_{3n} は、数32となる。

【0114】

【数32】

$$J_{3n} = (d_n - \bar{d}) \bmod \pi$$

第4の特徴量は、評価の対象となる局所領域のピッチと、その周囲の局所領域のピッチの平均との差である。選択を行おうとする局所領域からある距離以内にある局所領域(図6)の内、初期局所領域群に属しているか選択が終了している局所領域について、それらの局所領域群のピッチの平均を算出する。各局所領域の隆線を表すと決定された隆線候補画像の正弦波のピッチを $\{1/f^{(k)}\}$ 、ある距離以内にある平均化の対象となる局所領域の数、つまり、初期局所領域群に属しているか選択が終了している局所領域の数をNとすると、ここでは、平均ピッチは、数33で定義される。

【0115】

【数33】

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{N} \sum_k \frac{1}{f^{(k)}}$$

従って、選択を行う局所領域のn番目の隆線候補画像のピッチとの差 J_{4n} は、数34となる。

【0116】

【数34】

$$J_{4n} = \left(\frac{1}{f_n} - \frac{1}{f} \right) \bmod \pi$$

値の和をその局所領域におけるすべての隆線候補画像について算出する。ここでは、選択を行う局所領域においてn番目の選択を行う局所領域のn番目隆線候補画像とのピッチの差の和を J_{2n} とする。

【0112】第3の特徴量は評価の対象となる局所領域の周囲の局所領域を代表する方向との差である。選択を行おうとする局所領域からある距離以内にある局所領域(図7)の内、初期局所領域群に属しているか選択が終了している局所領域について、それらの局所領域を代表する方向を算出する(図8)。ここでは代表する方向 d (バー)を局所領域kの隆線を表すと決定された隆線候補画像の方向を $\{d^{(k)}\}$ とすると、 d (バー)は数31で定義される。

【0113】

【数31】

以上述べた4つの特徴量を統合して、隆線候補画像を各局所領域につき、一つ選択する。統合の仕方としての例として次のようなものがある。数35を満たす隆線候補画像で J_{3n} を最小にするものを選択する。

【0117】

【数35】

$$J_{1n} < TH_1 \text{ かつ } J_{2n} < TH_2 \text{ かつ } J_{4n} < TH_4$$

もし、この条件にあてはまるものがない場合は、その局所領域は、隆線候補画像の中に隆線を表すものがなかったと判定する。

【0118】閾値の例を数36に一組挙げる。

【0119】

【数36】

$$TH_1 = \frac{\pi}{8}, TH_2 = 2, TH_4 = \frac{\pi}{4}$$

そして、2次元配列(数30)を隆線候補画像16に与える。ここで $peak_{ij}$ は局所領域 I_{ij} のピークの番号を表す。

【0120】次に、隆線画像復元部16では、各局所領域 I_{ij} について、最適隆線候補画像選択部17から提供された数30に格納されている番号に対応する隆線候補画像を出力する。このとき、局所情報抽出部11から提供された数37で示すパラメータ群を利用して、数14を用いて画像を生成し出力する。

【0121】

【数37】

25

$$\left\{ \{a_n^{(i,j)}, p_n^{(i,j)}, d_n^{(i,j)}, f_n^{(i,j)}, v_n^{(i,j)}\}_{i=0}^{33} \right\}_{j=0}^{33}$$

26

このようにして、図6に示す指掌紋画像処理装置では、入力された指掌紋画像から隆線画像を得る。

【0122】次に、本発明による指掌紋画像処理装置の第3の例について説明する。

【0123】図9を参照して、図9に示す指掌紋画像処理装置においては、最適隆線候補画像選択部17で隆線候補画像から隆線を表す画像を周囲との接続性を元に選択した後、その選択された隆線候補画像の接続性を再び調べることににより、誤った隆線候補画像が選択された局所領域を抽出し訂正する。他の処理については、図6に示す指掌紋画像処理装置と同様である。

【0124】まず、入力画像に対して、図6に関連して説明した処理を行う。但し、ここでは、第1隆線候補画像選択部12からの出力は制御部18に入力される。制御部18では、第1隆線候補画像選択部12からの出力を受けた際には、数17をそのまま接続性評価部13とクラスター評価部15に対して出力する。

【0125】最適隆線候補画像選択部17の出力を得るところまでの処理を行ったら、最適隆線候補画像選択部17の出力である2次元配列(数30)を制御部18に入力する。制御部18は、最適隆線候補画像選択部17からの出力を受けた際には、数30の値を数17にコピーして、数17を接続性評価部13及びクラスター評価部15に出力する。そして、この出力に対して、接続性評価部13、クラスタリング部14、クライスター評価部15、及び最適隆線候補画像選択部17はそれぞれ処理を再び行う。

【0126】その後、制御部18によって、繰り返し処理を終了するかどうかの判定を行い、続けるという判定ならば、最適隆線候補画像選択部17の出力である2次元配列(数30)を再び制御部18に入力し、繰り返し処理を行う。一方、制御部18により終了の判定がなされた場合には、2次元配列(数30)を隆線画像復元部16に与え、復元画像を計算する処理に移る。

【0127】制御部18による繰り返し処理を終了するかどうかの判定は、例えば、繰り返し回数が予め定められた値となったら終了する方法、又はその前の最適隆線候補画像と比較して更新される局所領域の数が所定値より少なくなったら終了する方法等がある。

【0128】隆線画像復元部17では、図6に示す指掌

紋画像処理装置と同様にして、各局所領域 I_{ij} について、最適隆線候補画像選択部16から与えられた数30に格納されている番号に対応する隆線候補画像を出力する。この際、局所情報抽出部11から与えられたパラメータを利用して、数14を用いて画像を生成して出力する。

【0129】以上のようにして、図9に示す指掌紋画像処理装置では、入力された指掌紋画像から隆線画像を得る。

【0130】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、隆線に類似した性質を持つ皺が存在する場合でも、皮膚紋様画像から正しく隆線画像を抽出することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による指掌紋画像処理装置の一例を示す構成図である。

【図2】入力画像(指掌紋画像)を示す図である。

【図3】局所画像の一例を示す図である。

【図4】本発明による指掌紋画像処理装置の動作を説明するための図である。

【図5】画素の接続性評価を説明するための図である。

【図6】本発明による指掌紋画像処理装置の他の一例を示す構成図である。

【図7】最適隆線候補画像選択部による選択順を説明するための図である。

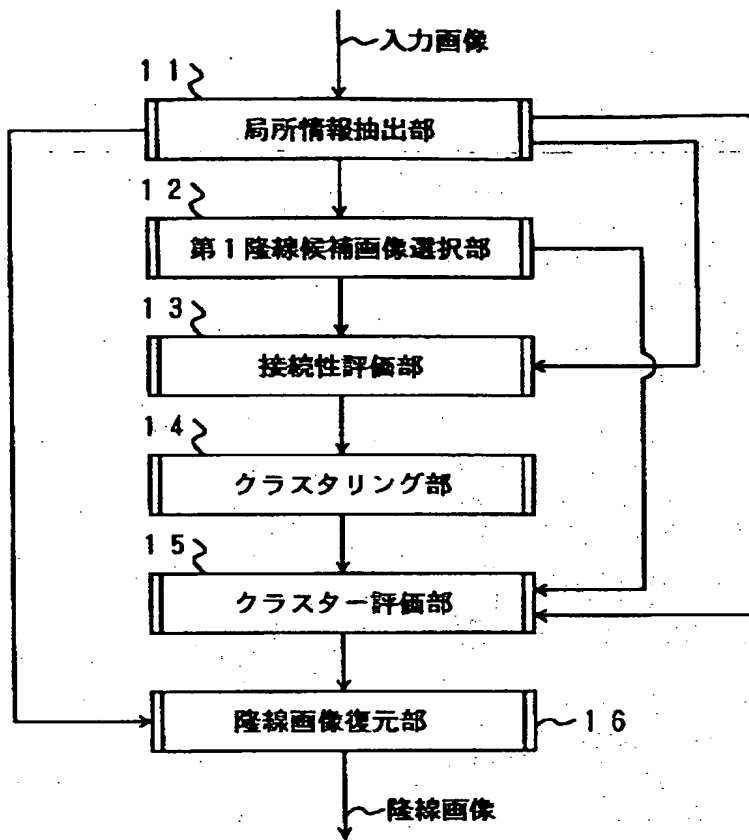
【図8】局所領域を代表する方向の算出を説明するための図である。

【図9】本発明による指掌紋画像処理装置のさらに他の一例を示す構成図である。

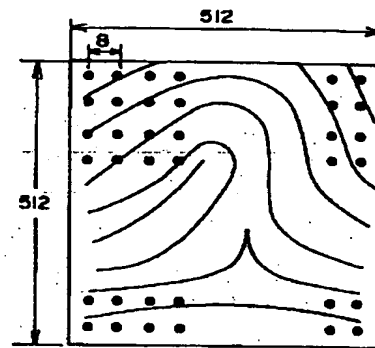
【符号の説明】

- 11 局所情報抽出部
- 12 第1隆線候補画像選択部
- 13 接続性評価部
- 14 クラスタリング部
- 15 クラスター評価部
- 16 隆線画像復元部
- 17 最適隆線候補画像選択部
- 18 制御部

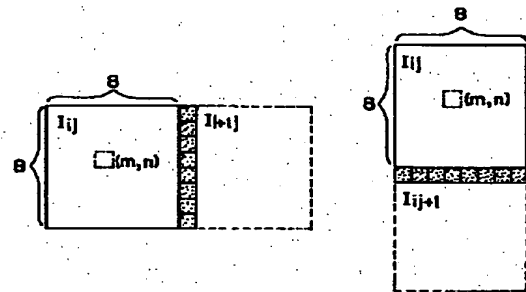
【図1】



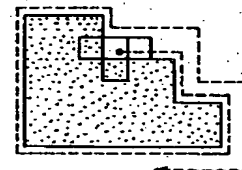
【図2】



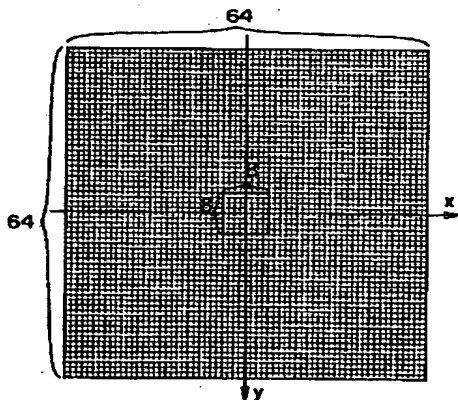
【図5】



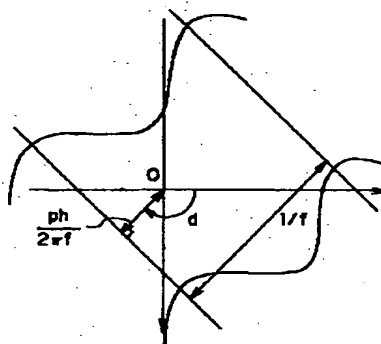
【図7】



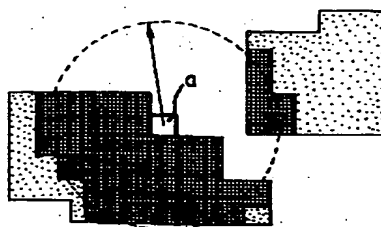
【図3】



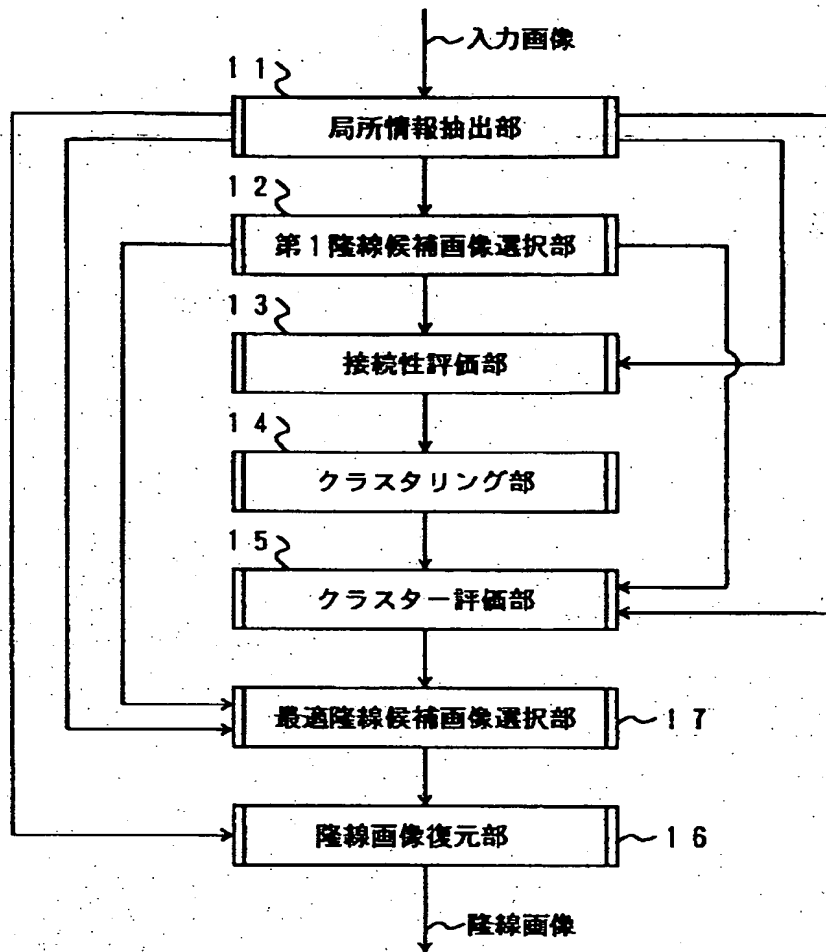
【図4】



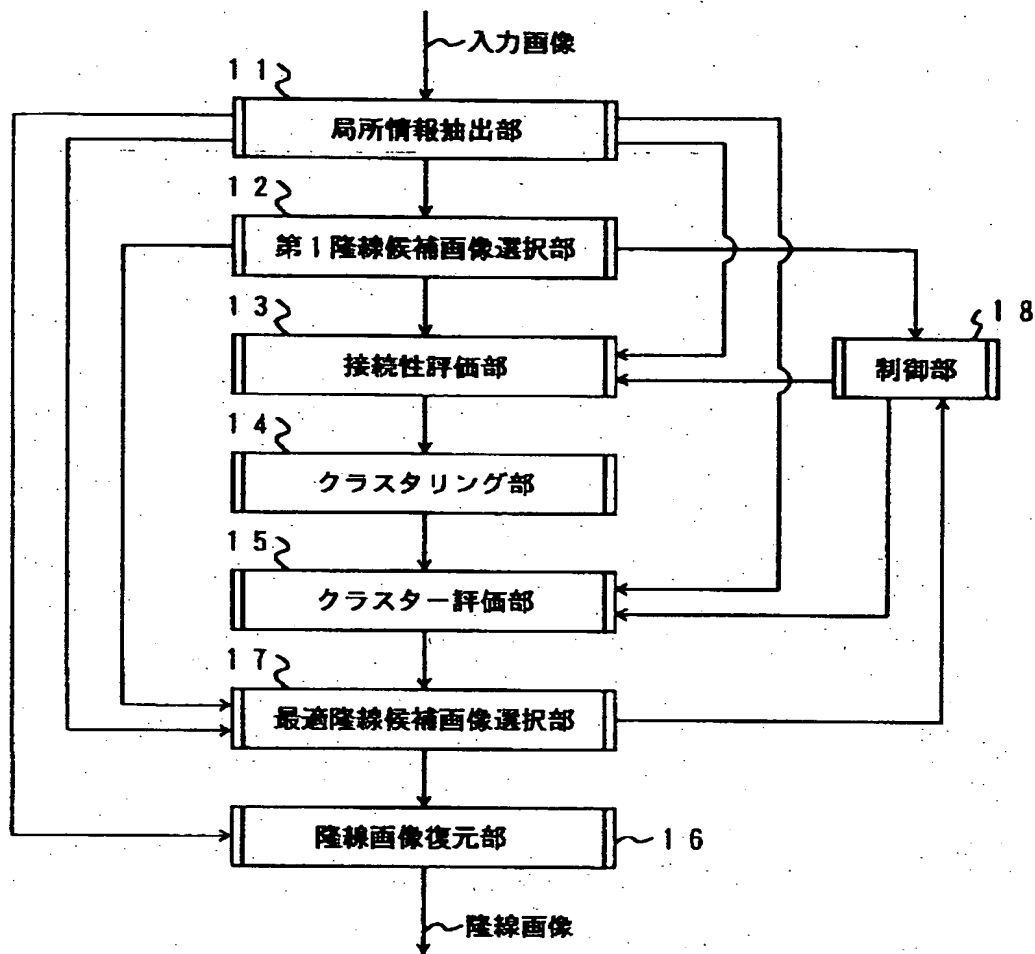
【図8】



【図6】



【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.